

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКА НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. Бекетова**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ДЛЯ ВИКОНАННЯ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ ТА САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ
З ДИСЦИПЛІНИ
«КОМПОЗИЦІЙНІ БУДІВЕЛЬНІ
МАТЕРІАЛИ»**

*(для студентів 4 курсу денної форми навчання
напряму підготовки 6.060101 «Будівництво»*

Харків
ХНУМГ ім. О. М. Бекетова
2015

Методичні вказівки для виконання практичних занять та самостійної роботи з дисципліни «Композиційні будівельні матеріали» (для студентів 4 курсу денної форми навчання напряму підготовки 6.060101 «Будівництво») / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова; уклад.: О. В. Кондращенко. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2015. – 26 с.

Укладач: О. В. Кондращенко

Рецензент: доц., к.т.н. Т. Д. Рищенко

Рекомендовано кафедрою технології будівельного виробництва та будівельних матеріалів, протокол № 7 від 6.03.2014 р.

ЗМІСТ

Вступ.....	4
1 Загальні поняття навчальної дисципліни «Композиційні будівельні матеріали».....	4
1.1. Взаємозв'язок структури композиційних матеріалів з їх властивостями.....	5
1.2. Композиційні матеріали на основі мінеральних в'язучих.....	7
1.3. Композиційні матеріали на основі органічних в'язучих.....	11
1.4. Принципи армування композиційних матеріалів.....	13
1.5. Лакофарбові композиційні матеріали.....	15
1.6. Сухі будівельні суміші.....	16
Контрольні запитання для самостійної перевірки знань.....	16
2 Практичні заняття.....	18
<i>Заняття 1</i> Неруйнуючі методи випробувань композиційних будівельних матеріалів	18
<i>Заняття 2</i> Проектування складу арболіту	19
<i>Заняття 3</i> Проектування складу легкого бетону на мінеральному заповнювачі	21
<i>Заняття 4</i> Проектування складу полімербетону	23
Список джерел	26

ВСТУП

Методичні вказівки призначені для виконання практичних занять і самостійної роботи з дисципліни «Композиційні будівельні матеріали» студентами 4 курсу денної форми навчання напряму підготовки «Будівництво».

Метою вивчення дисципліни є опанування знаннями про сучасні високо-ефективні композиційні матеріали, їх переваги в поєднанні з новими будівельними технологіями та їх застосуванням у сучасному будівництві.

Методичні вказівки вміщують інформацію про основні теоретичні положення, на які спираються при одержанні композиційних будівельних матеріалів різноманітної структури, різновиди матричних матеріалів та армуючих компонентів, їх властивості, методи визначення їх складів. Надані завдання для виконання практичних занять та самостійної роботи студентів, контрольні запитання для перевірки знань, список джерел інформації.

Завдання для практичних занять скореговані з темами лекцій і направлені на поглиблене засвоєння навчального матеріалу й наближення теоретичних знань до їх реального використання.

З метою контролю знань з навчальної дисципліни «Композиційні будівельні матеріали» студенти проходять тестування за контрольними запитаннями. Позитивні результати тестів і захищені роботи практичних занять дають студентам право на отримання заліку.

1 ЗАГАЛЬНІ ПОНЯТТЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ «КОМПОЗИЦІЙНІ БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ»

Дисципліна «Композиційні будівельні матеріали» базується на закономірностях теорії матеріалознавства і розглядає особливості будови матеріалів на різних структурних рівнях, процеси формування структури, що дозволяє прогнозувати властивості будівельних композиційних матеріалів і активно керувати ними, а також надає теоретичну базу для одержання нових матеріалів із заданими властивостями. У процесі вивчення дисципліни передбачається використання навчально-довідкової літератури, нормативних документів (ДСТУ, ТУ, СНиП) тощо. Основна термінологія дисципліни:

– *композиційні будівельні матеріали* – це штучні за походженням матеріали, що складаються з двох і більше компонентів, мають властивості, відмінні від властивостей складових компонентів, а їх склад, форма і розташування компонентів є запроектованими;

- *матриця* – компонент композиційного матеріалу, який є безперервним по всьому його об'єму;
- *арматура або заповнювач* (зміцнювач) – перервний компонент в об'ємі композиції.

При виборі композиційних матеріалів треба означити наступні дані про матеріал:

- різновид композиційного матеріалу за класифікацією;
- складові компоненти: вид матриці й арматури;
- характер взаємодії складових компонентів;
- основні властивості композиційного матеріалу (межа міцності при стиску або вигині, середня густина, морозостійкість, водопоглинення, коефіцієнт конструктивної якості тощо);
- нові якісні показники (властивості), які є відмінними або поліпшеними в порівнянні з вихідними складовими компонентами;
- структура матеріалу і характер розташування складових компонентів;
- сфери застосування композиційного матеріалу у будівництві або інших галузях та виробництвах.

Необхідні відомості для найбільш розповсюджених композиційних будівельних матеріалів наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Основні характеристики композиційних матеріалів

Назва матеріалу	ρ , кг/м ³	R_{ct} , МПа	R_p , МПа	Морозостійкість, цикли	Водопоглинення за 24 год, %
Важкий бетон	2200-2500	10-60		50-500	
Полімербетон	2300-2400	90-110		80-500	0,01-0,3
Арболіт	400-850	0,5-5,0		25-50	40-85
Азбестоцемент	1600-1800			50	
Склопластик	1800-2000		до 1000		
ДСП	650-800			не норм	не норм
ДВП	150-950		40	не норм	не норм

1.1 Взаємозв'язок структури композиційних матеріалів з їх властивостями

Структура композиційних будівельних матеріалів та їх загальні ознаки розглядаються на чотирьох рівнях: атомно-молекулярному, субмікроскопічному, мікроскопічному, макроскопічному.

Атомно-молекулярний рівень розглядає особливості будови матеріалів за видами кристалічних ґраток (для кристалічних тіл) і агрегатами молекул, ато-

мів або іонів (для аморфних тіл). Типи хімічних зв'язків між структурними елементами наведені на рисунку 1.

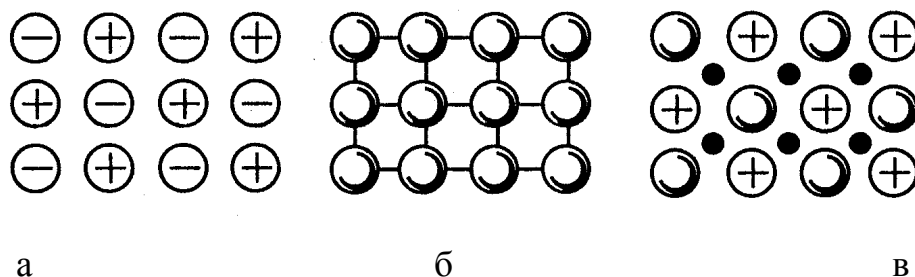


Рисунок 1 – Схеми ґраток залежно від типу хімічних зв'язків:
а – іонний; б – атомний; в – металевий

Теми, які пов'язані зі структурними особистостями вміщують: методи ідентифікації структурних складових композитів; особливості анізотропних структур; явище ізоморфізму та його використання в технологіях одержання композиційних будівельних матеріалів. Розглядаються мікрогетерогенні системи як основа в'язучих компонентів у структурі композиційних матеріалів: бетонної суміші, розчинів, лакофарбових сумішей, скляних розплавів тощо. Методи вивчення мікрогетерогенних систем, особливості утворення просторових структур у системах на основі мінеральних в'язучих, явища пептизації і тиксотропії, вплив міцелярної будови колоїдних розчинів на їх властивості й властивості будівельних матеріалів.

Для субмікроскопічного рівня характерні седиментаційнонестійкі системи: порошки, суспензії, емульсії, піни, пасти як компоненти для одержання композиційних матеріалів. Види структур капілярно-пористих композиційних матеріалів наведено на рисунку 2.

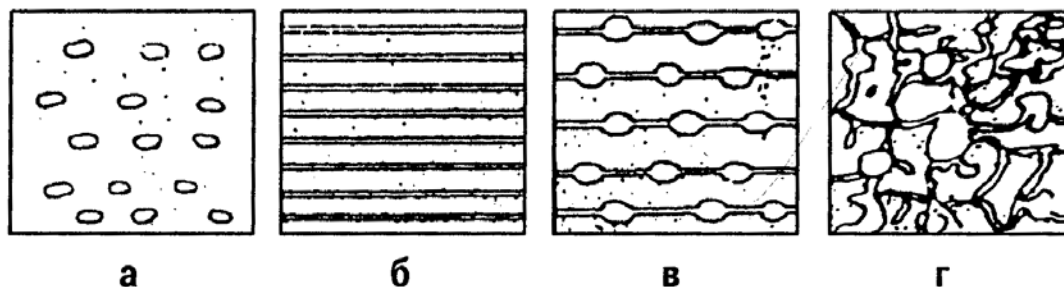


Рисунок 2 – Схеми типів структур капілярно-пористих матеріалів:
а – з кулькоподібними порами; б – з циліндричними порами; в – перемінного перерізу; г – схема структури цементного каменя

Вивчення макроструктури композитів необхідно для визначення:

- 1) відносного вмісту в'язучого і заповнювача та їх взаємного розташування;
- 2) мінералогічного складу, розміру, форми й характеру поверхні зерен;
- 3) кількості й форми мікропор.

Види конгломератних двокомпонентних структур наведено на рисунку 3.

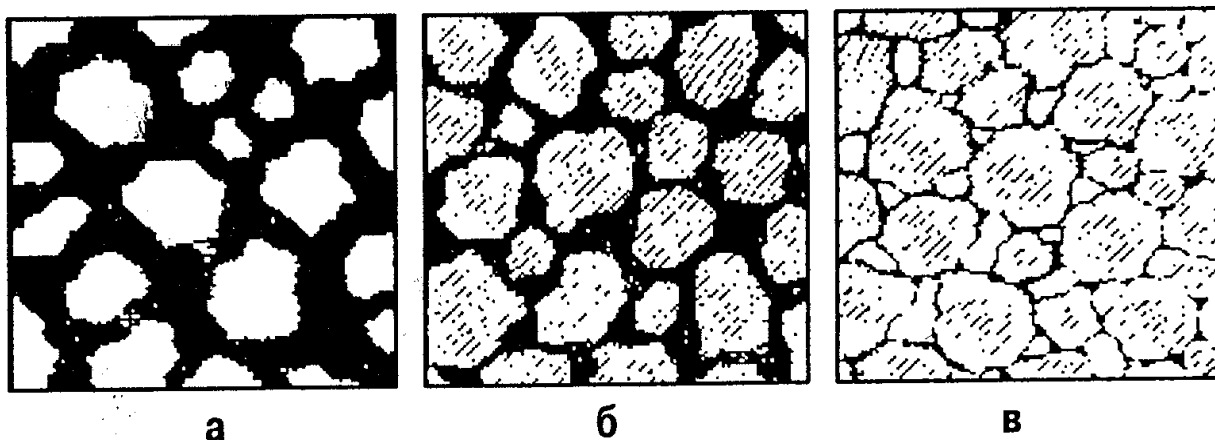


Рисунок 3 – Схеми макроструктур конгломератного типу:
а – базальної цементациї; б – порова; в – контактна

1.2. Композиційні матеріали на основі мінеральних в'язучих

Цементні бетони як композиційні матеріали мають структуру конгломератного типу, яка залежить від складу цементного каменя і особливостей його структури. Види гідратних фаз цементного каменя наведено на рисунку 4.

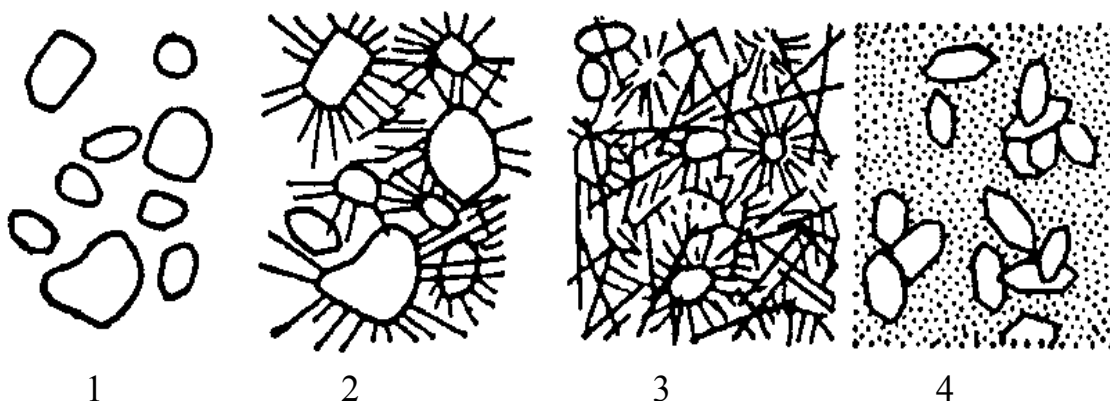


Рисунок 4 – Схема послідовності виникнення гідратних новоутворень цементу: 1 – цементне тісто; 2 – після тужавлення; 3 – кристалічна структура; 4 – цементний камінь зі стабільними сполуками

Фактори, що впливають на міцність цементної матриці у складі композиційних матеріалів, пов'язані зі структурою цементного каменя, видами пор та явищем контракції. Види взаємодії цементної матриці із заповнювачем: механічна, фізико-хімічна, змішана. Теорія міцності бетону тісно пов'язана з факторами, що впливають на розвиток тріщиноутворення бетонного каменя. Фактори, що впливають на міцність бетону наведені на рисунках 5, 6.

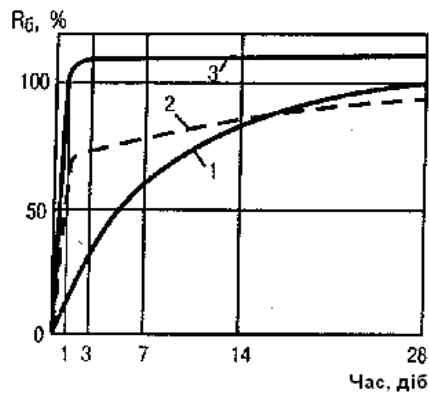


Рисунок 5 – Зростання міцності бетону у часі:

1 – нормальні умови твердіння; 2 – пропарювання (звичайний тиск, температура 80 °С); 3 – запарювання в автоклаві (тиск 0,8 МПа, температура 179 °С)

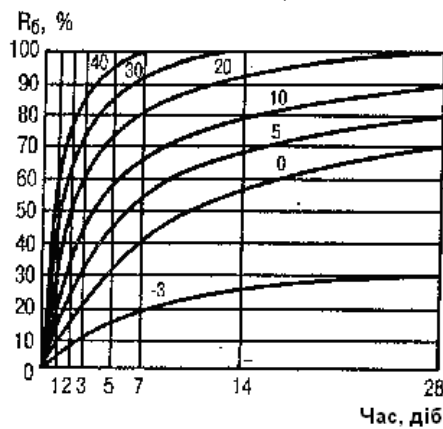


Рисунок 6 – Зростання міцності бетону при температурах від – 3 до +40 °С
Основні види структур цементних бетонів показані на рисунку 7.

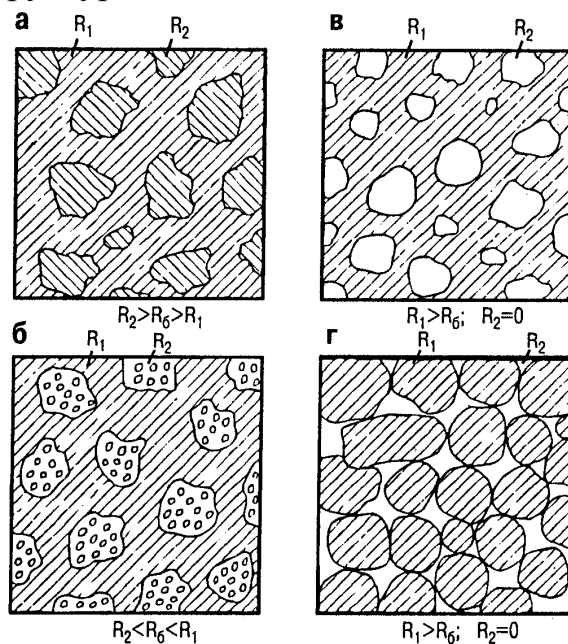


Рисунок 7 – Основні види структур бетону:

а – щільна; б – така ж з ніздрюватим заповнювачем; в – ніздрювата; г – зерниста

Технологічні прийоми регулювання міцності бетонів. Взаємозв'язок властивостей бетону від показників його міцності поданий у таблиці 2.

Таблиця 2 – Розрахункові формули властивостей бетону, пов'язані з міцністю при стиску

№ п/п	Властивості бетону	Розрахункова формула
1	Міцність бетону на розтягнення при згині, $R_{p.z.}$	$R_{p.z.} = 0,08(10 R_{сж})^{2/3}$
2	Міцність бетону на розтягнення при розколюванні, $R_{p.p.}$	$R_{p.p.} = 0,055(10 R_{сж})^{2/3}$
3	Міцність бетону при осьовому розтягненні, $R_{o.p.}$	$R_{o.p.} = 0,046(10 R_{сж})^{2/3}$
4	Міцність бетону при зрізі, $R_{зр.}$	$R_{зр.} = 0,093(10 R_{сж})^{2/3}$
5	Міцність бетону при сколюванні, $R_{ск.}$	$R_{ск.} = 0,162(10 R_{сж})^{2/3}$

Особливості поведінки бетону при динамічних навантаженнях: коефіцієнт динамічного зміцнення, межа втомленості й витривалості:

$$K_B = \delta_y / R_{ст}, \quad (1)$$

де K_B – коефіцієнт витривалості; δ_y – межа втомленості; $R_{ст}$ – межа міцності при стиску.

Гіпотези механізму морозного руйнування цементних бетонів: 1) гідростатичного тиску; 2) гідравлічного тиску; 3) термічної несумісності компонентів. Фактори, що впливають на морозостійкість бетону та способи підвищення морозостійкості з метою забезпечення довговічності наведені в таблиці 3.

Таблиця 3 – Рекомендовані марки бетону за морозостійкістю залежно від умов експлуатації

Характеристика вологісного режиму	Марки бетону (при температурі зовнішнього повітря, °C)			
	-40	-20...-40	-5...-20	-5 і >
У водонасиченому стані	300	200	150	100
В умовах епізодичного зволоження	200	100	75	50
В умовах повітряно-вологого стану	150	75	50	35

Прогнозування морозостійкості будівельних матеріалів можливе за показником коефіцієнта морозостійкості:

$$K_{мрз} = R_{мрз} / R_{контр.}, \quad (2)$$

де $R_{мрз}$ – міцність бетону після прийнятої кількості циклів випробувань;

$R_{контр.}$ – міцність контрольних зразків (до випробувань).

Опір бетонів дії високих температур розглядають у різних аспектах: – позитивний вплив температурного фактора на прискорення росту міцності бетону; оптимальний режим впливу температури: пропарювання та автоклавна обробка;

– причини виникнення термічних напружень в бетоні при високих температурах. Способи підвищення вогнестійкості бетонів та надання бетону жаротривкості.

Модифікування бетонів у сучасному будівництві використовують з метою направленою регулювання його властивостей. З цією метою розроблена класифікація та різновиди хімічних добавок у бетон. Використання суперпластифікаторів, їх класифікація та ефективність дії наведені на рисунку 8.

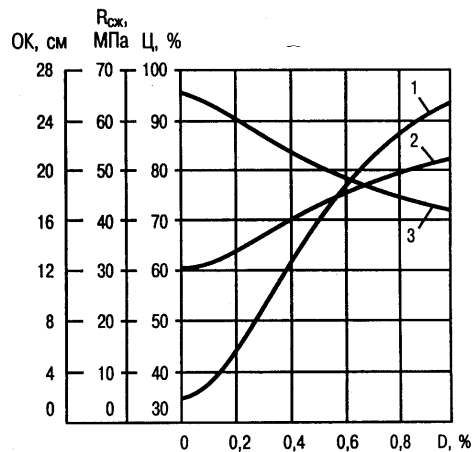


Рисунок 8 – Вплив вмісту суперпластифікатора на властивості бетону і бетонної суміші: 1– зміни рухливості при постійних витратах цементу і води; 2 – зростання міцності бетону при постійній рухливості й скороченні кількості води; 3 – зменшення витрат цементу при рівномірних бетонах і однаковій рухливості

Механізм дії суперпластифікаторів. Класифікація поліфункціональних модифікаторів (ПФМ).

Види мінеральних модифікаторів, їх ефективність і механізм дії. Бетони підвищеної міцності, їх переваги в порівнянні зі звичайними бетонами надані в таблиці 4.

Таблиця 4 – Порівняльні показники звичайного і високоміцного бетонів

Показники	Звичайний бетон	Високоякісний бетон
Межа міцності, МПа	40-50	100-120
Водонепроникність, аті	6-8	>16
Коефіцієнт фільтрації води, см/с ($\times 10^{-10}$)	30-40	0,5-2
Повітропроникність, см ² /с ($\times 10^{-4}$)	300-400	30-70
Коефіцієнт дифузії вуглекислого газу, см ² /с ($\times 10^{-4}$)	3,5-4,5	2-2,5
Пенетрація води під тиском 6 аті протягом 24 годин	8-10	1-3
Морозостійкість (при -20°C), цикл	300-400	700-1000

Способи й прийоми підвищення міцності бетонів: механохімічна обробка наповнювачів; модифікація бетонів полімерами (спосіб просичення); застосування вібротолнів для активації цементу; активація бетонної суміші при турбулентному перемішуванні; активація цементного тіста ультразвуковою обробкою; електромагнітні методи активації.

До різновидів бетонів належать: бетони на безклінкерному в'язучому, силікатні бетони. З метою керування їх властивостями вивчають фактори, що впливають на міцність силікатних бетонів та способи армування силікатних бетонів, їх міцність, водостійкість, морозостійкість. Використовують також шлакові й зольні бетони, для яких зазвичай роблять оцінку сировини для їх виробництва:

$$\text{модуль основності} - M_o = \frac{CaO + MgO}{SiO_2 + Al_2O_3}; \quad (3)$$

$$\text{коефіцієнт якості} - \text{коли } MgO < 10 \% : K = \frac{CaO + Al_2O_3 + MgO}{SiO_2 + TiO_2}; \quad (4)$$

$$\text{коли } MgO > 10 \% : K = \frac{CaO + Al_2O_3 + 10}{SiO_2 + TiO_2 + (MgO - 10)}. \quad (5)$$

Вивчають властивості і області застосування легких й дрібнозернистих шлакових бетонів, особливості й застосування шлаколузких бетонів.

Різновидами композиційних матеріалів є матеріали на основі деревини: клеєна деревина (шарувата, масивна, комбінована), яка має як переваги так і недоліки.

До матеріалів на основі подрібненої деревини належать деревноволокнисті плити, п'єзотермопластики, деревностружкові плити, деревнотирсові плити, арболіт та фіброліт, цементно-стружкові плити, тирсобетони. Властивості і недоліки матеріалів на основі подрібненої деревини ретельно вивчають, щоб підвищити їх біо- та вогнестійкість.

Використання композиційних матеріалів на основі деревини: конструкційні, конструкційно-опоряджувальні, опоряджувальні, теплоізоляційні, звукоізоляційні достатньо широко використовуються у сучасному будівництві.

1.3. Композиційні матеріали на основі органічних в'язучих

Класифікація композиційних дьогтево-бітумних в'язучих поєднує різновиди асфальтових будівельних матеріалів, пасти і емульсії на бітумах та дьогтях, рулонні та штучні матеріали для улаштування дахів. Будова асфальтових матеріалів наведена на рисунку 9.

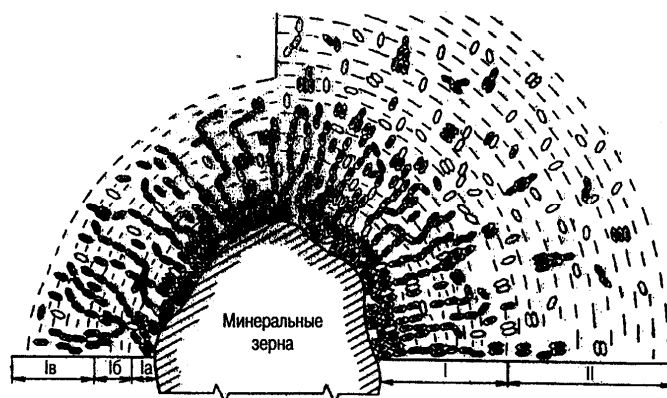


Рисунок 9 – Будова плівки бітуму на мінеральному зерні:
I – орієнтований шар; II – об'ємний бітум

Різновиди асфальтових композиційних матеріалів, асфальтові мастики (гарячі, холодні, дахові, дьогтеві), асфальтобетони, їх структура, від якої залежать і фізико-механічні властивості, наведені на рисунках 10,11,12.

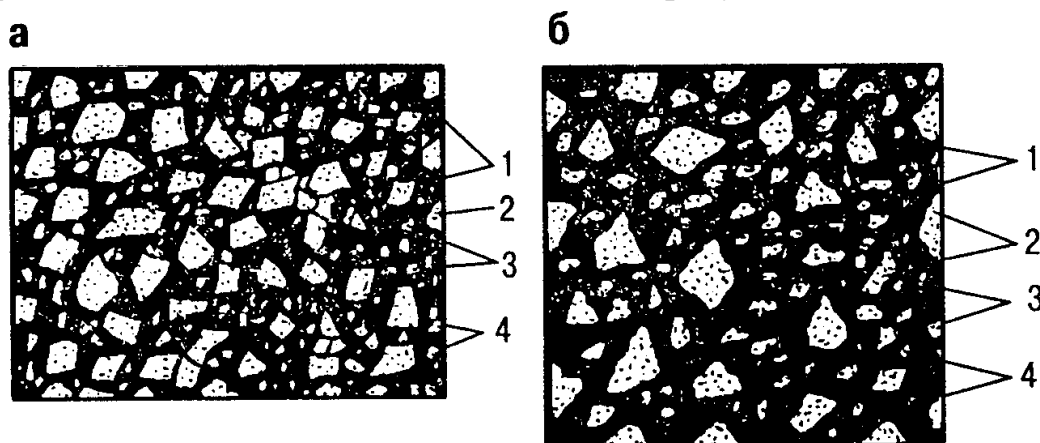


Рисунок 10 – Структура асфальтобетонів: а – багатощобенового; б – малощобенового; 1 – асфальтове в'язуче; 2 – щобінь; 3 – пісок; 4 – пори

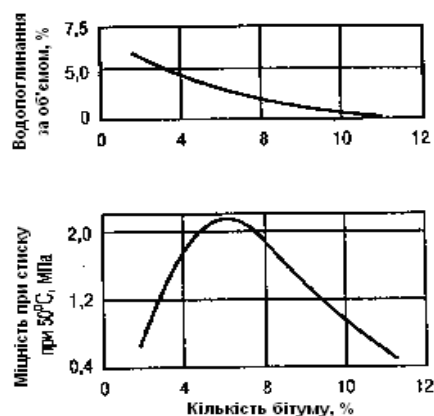


Рисунок 11 – Вплив вмісту бітуму на властивості асфальтового бетону

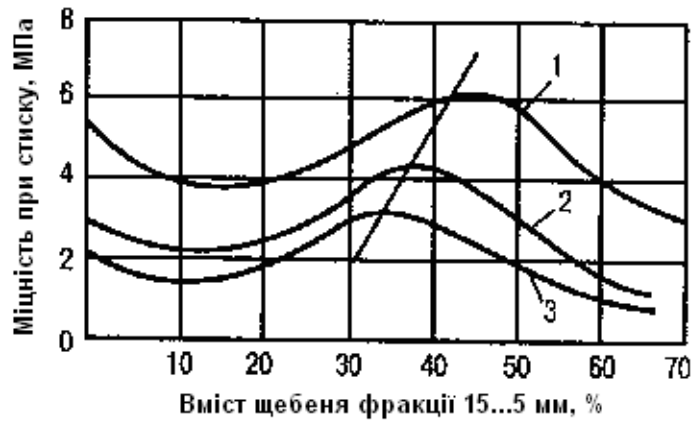


Рисунок 12 – Взаємозв'язок міцності асфальтобетону при стиску від кількості щебеню: 1 – для бітуму БНД 40/60; 2 – БНД 130/200; 3 – БНД 200/300

1.4. Принципи армування композиційних матеріалів

Різновиди армуючих елементів залежно від їх складу, форми й розмірів, ступеня орієнтації в матричній фазі забезпечують композиційним матеріалам широкий діапазон властивостей. Розрізняють види арматури: гнучка й жорстка, робоча, конструктивна, монтажна. При використанні вивчають їх механічні й реологічні властивості.

Існують композиційні матеріали, армовані безперервними волокнами. Найбільш поширеними є залізобетонні конструкції: збірні, монолітні, звичайні та попередньо напружені (рис. 13, 14).

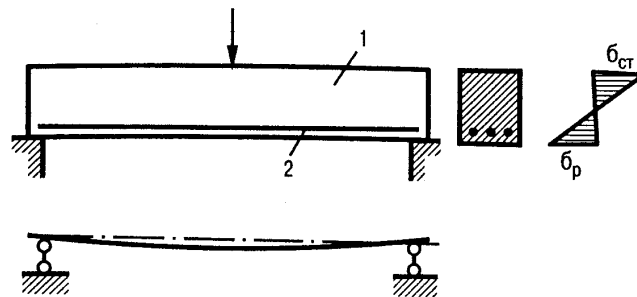


Рисунок 13 – Схема роботи арматури в залізобетонній конструкції:

1 – бетон; 2 – арматурний елемент

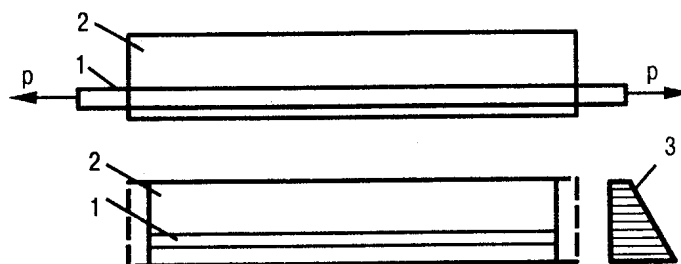


Рисунок 14 – Схема попередньо напруженої арматури:

1 – арматура; 2 – бетон; 3 – епюра напружень

Фактори, що обумовлюють роботу залізобетону як єдиного композиційного матеріалу впливають на переваги й недоліки залізобетонних конструкцій.

До сучасних композиційним матеріалам належать дисперсно-армовані матеріали. Але у дискретного армування є не тільки переваги, а й недоліки. Різновиди фібри і види її орієнтації в матричній фазі на прикладі фібро- та сталевібробетону наведені на рисунку 15. Властивості фібробетону залежать від концентрації фібри у складі композиційного матеріалу, а ефективність роботи фібробетонів у конструкціях – від зменшення трудовитрат на арматурні роботи, скорочення витрат сталі й бетону, підвищення довговічності, зниження витрат на ремонтні роботи, сумісництво технологічних операцій приготування бетонної суміші й армування.

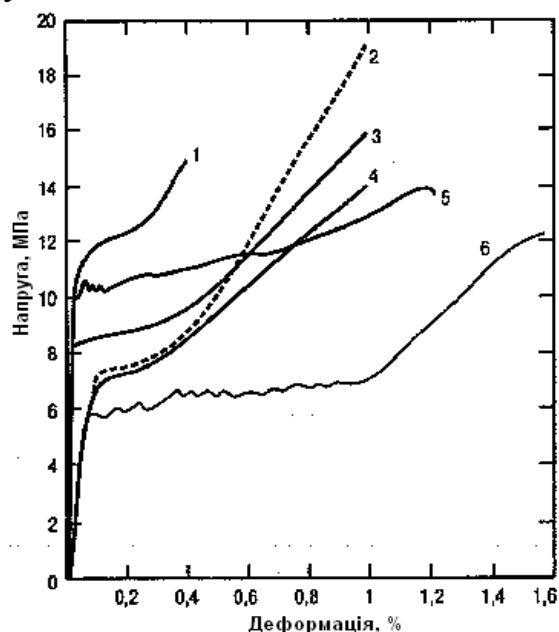


Рисунок 15 – Взаємозв'язок напруження - деформація для армованих цементних композитів: 1 – п/ц – сталевий дріт, 1,5 об. %; 2 – те саме , 1 об. %; 3 – високоалюмінатний цемент – скловолокно; 4 – п/ц – цирконієве скловолокно, 5 % за масою; 5 – п/ц - поліамідне волокно, 1,93 об. %; 6 – гіпс – скловолокно, 1 об. %

До композиційних матеріалів з волокнистим армуванням належать склоцементні, склопластики, азбестоцементі. Способи армування: направлене і хаотичне (табл. 5). В цих матеріалах використовують різні матричні в'язучі і армуючі компоненти.

Таблиця 5 – Вплив способу армування на міцність скловолокнистих матеріалів

Розподіл волокон	Міцність, %
Однонаправлене	100
Сітчасте	45-50
Двовірне хаотичне	30-37
Тримірне хаотичне	0-20

Склопластичні композиційні матеріали мають наступні різновиди: скло-текстоліти, листові склопластики, скловолокнисті анізотропні матеріали (СВАМ).

Різновидом армованого виду композиційного матеріалу є азбестоцементи. Продукція азбестоцементної промисловості є різноманітною, але їм притаманні особливості поведінки при водонасиченні й сушінні. Структура та основні властивості азбестоцементу наведені у таблиці 6.

Таблиця 6 – Механічні характеристики азбестоцементу

Показники	Азбестоцемент у листах (з азбестом 5-го та 6-го сортів)	
	$\rho_0 = 1,5 \text{ г/см}^3$	$\rho_0 = 1,8 \text{ г/см}^3$
Межа міцності при вигині, МПа	17,1	21,6
Межа міцності при розтягненні, МПа	8,8	11,2
Модуль деформації при розтягненні, МПа	$1,08 \cdot 10^4$	$1,47 \cdot 10^4$
Граничне розтягнення	$(120 \dots 160) \cdot 10^{-5}$	$(80 \dots 110) \cdot 10^{-5}$
Межа міцності при зсуві в площині листа, МПа	12	15
Межа міцності при сколюванні	2,8	3,5

1.5. Лакофарбові композиційні матеріали

Основні функції лакофарбових композиційних матеріалів пов'язані зі складовими компонентами лакофарбових матеріалів: в'язучим, пігментом, наповнювачем, розчинником, інгібітором корозії, піногасником, протигнилісними добавками. Реологічними властивостями є тиксотропність та в'язкість. Види в'язучих у складі композиційних лакофарбових матеріалів можуть застосовуватись як природні так і синтетичні. Класифікація малярних сумішей наведена у таблиці 7.

Таблиця 7 – Види лакофарбових покриттів за умовами експлуатації

№	Назва суміші	Призначення за умовами експлуатації
1	2	3
1	Атмосферостійкі	Відкриті майданчики у різному кліматі
2	Обмежено-атмосферостійкі	Експлуатація під навісом, в неопалюваних та опалюваних приміщеннях
3	Консерваційні	Для тимчасового захисту поверхні під час виробництва, зберігання і транспортування виробів. Стійкі до дії прісної води, її парів і морської води
4	Спеціальні	Стійкі до рентгенівського та інших випромінювань, світні, терморегулюючі, протиобрастаючі, для покриття гуми, пластмаси, тощо
5	Маслобензостійкі	Стійкі до дії мінеральних масел, бензину, гасу та інших нафтопродуктів, що вміщують не більш 20 % ароматичних речовин

1	2	3
6	Хімічно стійкі	Стійкі до дії кислот, лугів та інших рідких хімічних реагентів та їх парів
7	Термостійкі	Стійкі до високих температур
8	Електроізоляційні	Для покриттів, на які може діяти електрична напруга, електрична дуга та поверхневі розряди

Різновиди дефектів лакофарбових покриттів: чорні плями, бульки, наліт, віспини, відшарування, смугастість, нерівномірний блиск, випотівання, зморщування, бронзування тощо.

1.6. Сухі будівельні суміші

Сухі будівельні суміші (ССС) є різновидами сучасних композиційних будівельних матеріалів. Світовий досвід використання СССР довів їх ефективність та переваги використання у будівництві.

Існують класифікації сухих будівельних сумішей: за призначенням, видом в'язучого, ступенем модифікації, за найбільш характерною властивістю в твердому вигляді, умовами використання.

Основні матеріали для приготування сухих будівельних сумішей: в'язучий компонент, заповнювачі, наповнювачі, хімічні добавки. Теоретичні аспекти оптимізації складів СССР пов'язані з необхідними умовами забезпечення монолітності системи підложка-ССС:

$$R_{\text{адг}} > R_{\text{ког}} \quad \text{або} \quad R_{\text{адг}} = R_1 + R_2, \quad (6)$$

де R_1 – адгезійна міцність за рахунок фізико-хімічної взаємодії між підложкою та СССР;

R_2 – адгезійна міцність за рахунок механічного зчеплення підложки та СССР.

Для забезпечення різноманітності видів СССР існують способи виготовлення сухих будівельних сумішей із заданими властивостями. Класифікація сухих будівельних сумішей за призначенням: полімерні, гідроізоляційні, клеї для плитки та шпаклівки, штукатурні розчини, суміші для санації старих будівель і споруд, фарбові суміші, тощо.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ ПЕРЕВІРКИ ЗНАНЬ

1. В чому полягають особливості аморфних і кристалічних структур?
2. Надати характеристику нестійких седиментаційних систем.
3. Які фактори впливають на міцність метриці цементних бетонів?
4. Які фактори впливають на міцність композиційних матеріалів?
5. Навести види взаємодії цементної матриці бетону із заповнювачами.
6. Навести гіпотези механізму морозного руйнування композиційних матеріалів на прикладі бетону.
7. Які фактори впливають на морозостійкість бетону?
8. В чому полягає позитивний вплив підвищених температур на міцність бетону?
9. Привести класифікацію хімічних добавок до композиційних матеріалів.
10. Які модифікатори можна віднести до полі функціональних?
11. В чому полягає механізм їх дії мінеральних модифікаторів?
12. Які особливості мають силікатні композиційні матеріали і залізобетон на їх основі?
13. За якими властивостями оцінюють шлакову і зольну сировину для виробництва композиційних матеріалів?
14. Навести приклади композиційних асфальтових матеріалів.
15. Навести приклади композиційних матеріалів з безперервним армуванням.
16. Навести приклади композиційних матеріалів з дисперсним армуванням.
17. Навести приклади композиційних матеріалів з волокнистим армуванням.
18. В чому полягають переваги використання високоміцних бетонів?
19. Навести способи підвищення міцності бетону без застосування спеціальних прийомів та обладнання.
20. Навести способи підвищення міцності бетону із застосуванням спеціальних прийомів та обладнання.
21. Навести переваги використання сухих будівельних сумішей.
22. Дати класифікацію сухих будівельних сумішей за призначенням.
23. Дати класифікацію сухих будівельних сумішей за умовами експлуатації.
24. В чому полягають теоретичні аспекти оптимізації складів сухих будівельних сумішей.
25. Навести недоліки композиційних матеріалів на основі деревини.
26. Дати класифікацію малярних сумішей за умовами експлуатації лакофарбових покриттів.

2 ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ

Заняття 1

Неруйнуючі методи випробувань композиційних будівельних матеріалів

Механічні способи випробувань композиційних будівельних матеріалів дозволяють контролювати однорідність та процес твердіння бетону в поверхневому шарі. Існує декілька способів таких випробувань, наприклад, метод відбитку, метод відскоку, метод відриву, тощо. Для використання методів ударних випробувань (відскоку та відбитку) треба дотримуватися однакових умов. По-перше, на поверхні бетону треба вибирати такі ділянки, на яких можливі підвищені напруження або зовнішній вигляд поверхні дає підставу про наявність різного роду дефектів структури. Але не можна проводити випробування в тих зонах поверхні, де вже є руйнування або явні дефекти. Бетонні поверхні мають бути сухими. Треба також позбутися різних забруднень або нерівностей поверхні шляхом обробки наждачним диском. Площа кожної ділянки для випробувань повинна дорівнювати не менше 40000 мм² (200х200 мм) і включати до 10–12 точок вимірювання. Сусідні точки повинні мати відстань одна від одної мінімум 20 мм і бути розташованими приблизно на 40 мм від краю зразка або конструкції.

Одержані значення оцінюють за середніми величинами.

Метод відбитку. Для таких випробувань використовують еталонний молоток Кошкарова (КМ). Молоток має дві ступені енергії, тому межі його використання досить значні. Передня його частина має напівкруглу форму і насаджена на ударник. Вона проникає в бетон і залишає на його поверхні відбиток. Глибина відбитку є характеристикою твердості цементного каменя, тобто його пластичних властивостей. Пружинний молоток при випробуваннях виставляють перпендикулярно до бетонної поверхні і стискають з постійним зусиллям до його фіксування. Результатом випробувань є діаметр відбитку на поверхні бетону, який залишає кулька приладу. Щоб точніше визначити діаметр відбитку використовують вимірювальну лупу. Діаметр вимірюють в двох взаємно перпендикулярних напрямках з похибкою $\pm 0,1$ мм, діаметр кульки повинен дорівнювати приблизно 3,5–6,5 мм.

Зразки з бетону, які готують для випробувань, повинні відповідати за складом тому бетону, який є в конструкціях. При цьому треба дотримувати таких умов:

- кількість цементу в бетоні на 1 м³ мусить складати 250–400 кг;
- вік бетону к моменту випробувань має складати 25–90 діб;
- крупність заповнювача в бетоні повинна складати не більше 32 мм.

Для визначення міцності при стиску бетону в конструкціях необхідно провести калібровку. Мінімальна кількість кубиків з довжиною ребра 100 мм повинна складати 20 штук. Коли проведення калібровочних випробувань неможливе, то оцінку міцності при стиску проводять за табличними даними, що наведені в таблиці 8.

Таблиця 8 – Відповідність діаметра відбитку приладу міцності при стиску

Міцність бетону при стиску (з 5% забезпеченістю), МПа	Діаметр відбитку, мм	Міцність бетону при стиску (з 5% забезпеченістю), МПа	Діаметр відбитку, мм
7,5	6,30	25	5,00
10,0	6,05	35	4,70
15,0	5,55	45	4,45
20,0	5,25	55	4,25

Узагальнення досвіду використання цього методу показує, що гарантоване значення міцності при стиску можна одержати тільки за нижньою межею міцності бетону даної марки.

Заняття 2

Проектування складу арболіту

Арболіт – різновид легких бетонів, виготовлений з суміші мінерального в'язучого (портландцементу), органічних целюлозних заповнювачів (відходи деревообробки, тощо) хімічних добавки і води.

При підборі складу арболіту основними вимогами є одержання заданих властивостей (класу за міцністю та середньої густини) при мінімально можливих витратах цементу.

Середня густина арболіту залежить від марки арболіту, виду заповнювача і береться за таблицею 9.

Таблиця 9 – Характеристики арболіту

Вид арболіту	Клас за міцністю	Марка за міцністю	Середня густина, кг/м ³	
			подрібнена деревина	костриця, льон
Теплоізоляційний	B0,35	M5	400–500	400–500
	B1	M15	500	500
Конструкційний	B1,5	M50	500–600	550–650
	B3,5		700–850	–

Послідовність виконання розрахунків

При проектуванні складу встановлюють або задають характеристики вихідних матеріалів для виготовлення арболіту:

- активність цементу $R_{\text{ц}}$, кг/см²;
- середня густина цементу $\rho_{\text{оц}}$, кг/м³;
- істинна густина цементу $\rho_{\text{ц}}$, кг/м³;
- вид заповнювача;
- насипна густина заповнювача $\rho_{\text{нз}}$, кг/м³;
- вид добавку.

Потім за таблицею 10 призначають витрати матеріалів для заданого класу арболіту за міцністю.

Таблиця 10 – Орієнтовні витрати компонентів, кг на 1 м³ арболіту

Вид компоненту	Марка арболіту					
	5	10	15	25	35	50
Цемент, кг	240/290	250/310	280/330	330/380	360/390	390/420
Подрібнена деревина (суха), кг	140/180	160/280	180/200	220/240	240/250	250/280
Хлористий кальцій, кг	6	6-7	7	8	8	9
Вода, л	260/310	380/330	300/360	380/430	400/460	420/480

Примітка: 1. У числівнику – витрати компонентів для деревини хвойних порід, у знаменнику – для змішаних порід.
2. Замість хлористого кальцію можливо використовувати інші добавки.

Отримані дані занести до таблиці 11.

Таблиця 11 – Витрати компонентів арболіту на 1 м³

Вид компоненту	Витрати на 1 м ³	Витрати на лабораторний заміс	Фактичні витрати на 1 м ³
Портландцемент, кг			
Подрібнена деревина, кг			
Хлористий кальцій, кг			
Вода, л			

За одержаними даними розрахунків готують пробний заміс з арболітобетонної суміші, потім проводять уточнення густини в ущільненому стані. Потім розраховують фактичні витрати матеріалів на 1 м³ ущільненої суміші.

Сума витрат всіх матеріалів для дослідного замісу складає

$$\Sigma P = \text{Ц} + \text{З} + \text{В} + \text{ХД} . \quad (7)$$

Для приготування арболіту ΣP (кг) витрачено цементу Ц_1 (кг). Для приготування 1 м³ арболіту треба витратити цементу:

$$\text{Ц} / \Sigma P = \text{Ц} \cdot \rho_{\text{арб.}}; \quad (8)$$

$$\text{Ц} = \frac{\rho_{\text{арб}} \cdot \text{Ц}_1}{\sum P}, \text{ кг.} \quad (9)$$

Аналогічно розраховують витрати органічного заповнювача, води й хімічної добавки на 1 м³ бетонної суміші

$$\text{З} = \frac{\rho_{\text{арб}} \cdot \text{З}_1}{\sum P}, \text{ кг;} \quad (10)$$

$$\text{В} = \frac{\rho_{\text{арб}} \cdot \text{В}_1}{\sum P}, \text{ кг;} \quad (11)$$

$$\text{ХД} = \frac{\rho_{\text{арб}} \cdot \text{ХД}_1}{\sum P}, \text{ кг.} \quad (12)$$

Фактичні витрати компонентів на 1 м³ бетону треба занести до графі фактичних витрат компонентів арболітобетону.

Контрольні запитання

1. Що таке арболіт, до якої групи композиційних матеріалів він належить?
2. Надати класифікацію виробів з арболіту та їх призначення.
3. Привести вихідні компоненти, необхідні для виготовлення арболіту.
4. Навести класи та марки арболіту за міцністю.

Заняття 3

Проектування складу легкого бетону на мінеральному заповнювачі

До числа композиційних матеріалів відноситься група легких бетонів з середньою густиною 500-1800 кг/м³ на пористих заповнювачах мінерального походження, таких як керамзит, аглопорит, шлакова пемза, туфи, тощо.

Легкі бетони класифікують за призначенням на три групи:

- функціональні (з густиною до 500 кг/м³);
- конструкційно-функціональні (з густиною 500–1400 кг/м³);
- конструкційні (з густиною 1400–1800 кг/м³).

За густиною в сухому стані для легких бетонів встановлено 19 марок (з інтервалом 100 кг/м³): Д 200...Д 2000. Існують також класи за міцністю (МПа) від В2 до В 40.

Послідовність виконання розрахунків. Склад керамзитобетону визначають розрахунково-експериментальним методом на 1 м³ керамзитобетону.

Вихідні дані:

Марка керамзитобетону за густиною (Д) кг/м³;

Клас керамзитобетону за міцністю (В) МПа;

Насипна густина керамзиту (ρ_{н.к.}) кг/м³;

Насипна густина піску (ρ_{н.п.}) кг/м³;

Граничний розмір гранул керамзиту (d) мм;

Пустотність керамзиту, %

1. Залежно від класу керамзитобетону за міцністю (В) і граничної величини керамзитового гравію визначають витрати цементу на 1 м^3 за таблицею 12.

Таблиця 12 – Витрати цементу залежно від міцності керамзитобетону

Розмір гранул керамзиту	Витрати цементу, кг залежно від класу керамзитобетону за міцністю, МПа		
	7,5	10	15
10	–	200–240	250–280
20	200–220	235–260	275–310
40	220–235	240–290	300–340

2. Виходячи із заданої марки керамзитобетону за густиною, визначають загальні витрати за масою крупного і дрібного заповнювачів на 1 м^3

$$\Pi + K = \rho_o - 1,15 \text{ Ц}, \quad (13)$$

де Π – маса піску;

K – маса керамзиту;

Ц – маса цементу;

ρ_o – густина керамзитобетону;

1,15 – коефіцієнт, який враховує частку хімічно зв'язаної води.

3. Для конструкційних та конструкційно-теплоізоляційних бетонів вміст піску в суміші заповнювачів (r) складає 0,45–0,55 на 1 м^3 керамзитобетону при витратах цементу 175–400 кг. Таким чином, враховуючи r і пустотність керамзиту, встановлюємо густину бетонної суміші

$$\rho_{б.с.} = \frac{0,9[r \cdot \rho_n + (1-r) \cdot \rho_k]}{1 - V_{нуст}(1-r)}, \quad (14)$$

де $\rho_{нп}$ – насипна густина піску, кг/м^3 ;

$\rho_{нк}$ – насипна густина керамзиту, кг/м^3 ;

$\rho_{б.с.}$ – густина бетонної суміші, кг/м^3 .

4. Знаходимо витрати суміші піску та керамзитового гравію за об'ємом

$$V_{\Pi} + V_K = \frac{G_{\Pi+K}}{\rho_{б.с.}}, \quad (15)$$

де $G_{\Pi+K}$ – маса суміші піску та гравію, кг;

$V_{\Pi} + V_K$ – об'єм суміші піску та гравію, м^3 .

1. Визначаємо витрати керамзитового гравію та піску за масою

$$\Pi = (V_{\Pi} + V_K) \cdot r \cdot \rho_{\Pi}; \quad (16)$$

$$K = G_{\Pi+K} - \Pi \quad (17)$$

2. Орієнтовні витрати води знаходимо за таблицею 13.

Таблиця 13 – Витрати води залежно від характеристик керамзитобетону

Характеристики керамзито-бетонної суміші		Витрати води (л) на 1 м ³ керамзитобетону при заданій густині керамзитового гравію (кг/м ³)			
		500	800	500	800
Рухливість, см	Жорсткість, с	на кварцовому піску		на керамзитовому піску	
-	60-80	175-180	155-170	240-215	190-205
-	30-50	185-200	175-190	240-215	230-250
-	15-25	195-210	185-200	265-290	255-280
3-5	-	205-220	195-210	290-315	270-305
6-8	-	215-230	205-220	315-340	305-330
9-12	-	225-240	215-230	350-375	330-355

3. Отримані дані звести до таблиці 14.

Таблиця 14 – Зведена таблиця витрат компонентів керамзитобетону на 1 м³

Вид компонента	Витрати компонентів
Портландцемент	
Керамзитовий щебінь	
Пісок	
Вода	

Заняття 4

Проектування складу полімербетону

Полімербетоном називають композиційний будівельний матеріал, який виготовлений з поліефірних смол (в'язучого компонента) і сухих мінеральних наповнювачів.

Основні властивості полімербетону:

- міцність при стиску (90,0–110,0 МПа);
- міцність на розтягнення при згині (18,0–35,0 МПа);
- коефіцієнт теплопровідності (0,8–2 ккал/м·год·°C);
- середня густина (2300–2400 кг/м³);
- водопоглинання (1 %).

Області використання полімербетону:

- промислове й цивільне будівництво;
- гідроінженерні й підземні комунікації;
- електроінженерні й телекомунікації;
- сантехнічні вироби;
- оформлення інтер'єрів.

Оцінка якості полімербетону за зовнішнім виглядом

Поверхню виробів з полімербетону, виходячи з призначення виробів, умов їх монтажу і експлуатації, розділяють на: видиму (функціональну) та невидиму (монтажну).

Вироби залежно від показників зовнішнього вигляду (деформації, жолоблення) поділяють на три сорти. Зовнішній вигляд видимих функціональних поверхонь виробів повинен відповідати вимогам, які наведено в таблиці 15.

Таблиця 15 – Вимоги до поверхонь за зовнішнім виглядом

№ п/п	Вид дефекту	Дефекти за сортами		
		I сорт	II сорт	III сорт
1	Нерівності (хвилястість без порушення гелькоут - шару ^{*)})	не допуск.	допуск.	допуск.
2	Спучення гелькоутшару [*]	не допуск.	не допуск.	не допуск.
3	Тріщини	не допуск.	не допуск.	не допуск.
4	Точкові вклучення: - іншого кольору; - засмічення	не допуск. не допуск.	допуск. розсіяне	допуск. розсіяне
5	Матовість у вигляді плям	не допуск.	допускаються. плями (сумарною площею > 30 см ²)	допуск.
6	Відколи до 3 мм з наступним покриттям гелькоут шаром: – глибиною до 2 мм, довжиною до 10 мм, не більше, шт.; – глибиною до 3 мм, довжиною до 30 мм, не більше, шт.; – глибиною до 5 мм по всій довжині, не більше, шт..	1 не допуск. не допуск.	3 2 не допуск.	5 3 1

^{*)} гелькоутшар – гелева оболонка, яку наносять на полімербетонні вироби в розсіюючій кабіні для надання глянцю і створення можливості полірування поверхні.

Загальна кількість допустимих дефектів на одному виробу не повинна бути більше:

- одного – на виробах I сорту;
- п'яти – на виробах II сорту;
- семи – на виробах III сорту.

При виконанні роботи треба встановити якість полімербетону, враховуючі вимоги, перелічені в таблиці 8.

Визначення середньої густини

Середню густину полімербетону визначають за формулою

$$\rho_0 = \frac{m}{V}, \text{ г/см}^3, \quad (18)$$

де m – маса зразка з полімербетону, г;
 V – об'єм зразка з полімербетону, см^3 .

Визначення міцності при стиску

Міцність полімербетону при стиску визначають за формулою

$$R_{\text{ст}} = \frac{P}{S}, \text{ кг/см}^2 \text{ (МПа)}, \quad (19)$$

де P – руйнуюче навантаження, кг;
 S – площа зразка, см^2 .

Визначення коефіцієнта конструктивної якості

Коефіцієнт конструктивної якості визначають за формулою

$$K.K.Y. = \frac{R_{\text{ст}}}{d}, \quad (20)$$

де $R_{\text{ст}}$ – межа міцності при стиску, кг/см^2 (МПа);
 d – відносна густина, яку визначають як відношення фактичної густини до густини води при 4 °С.

Контрольні запитання

1. Дайте визначення полімербетону.
2. Які матеріали виконують в полімербетоні функції матриці й зміцнювача?
3. Назвати основні властивості полімербетонів.
4. Навести області застосування полімербетонів у будівництві.
5. Назвати вимоги до зовнішнього вигляду виробів з полімербетонів.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

1. Сучасні композиційні будівельно-оздоблювальні матеріали / П. В. Захарченко, Е. М. Долгий, Ю. О. Галаган та ін. – К. : Інтертехнологія, 2005. – 511 с.
2. Композиционные материалы: Справочник / В. В. Васильев и др. – М. : Машиностроение, 1990. – 512 с.
3. Композиционные материалы: Справочник / Под ред. В. В. Васильева, Ю. М. Тарнапольского. – М. : Машиностроение, 1990.
4. Соломатов В. И. Полимерные композиционные материалы в строительстве / В. И. Соломатов, А. Н. Бабрышев, К. Г. Химер. – М. : Стройиздат, 1988.
5. Наназашвили И. Х. Строительные материалы, изделия и конструкции / И. Х. Наназашвили. – М. : Высшая школа, 1990.
6. Орлова О. В. Технология лаков и красок / О. В. Орлова, Т. Н. Фомичев. – М. : Химия, 1990.
7. Корнеев В. И. Что есть что в сухих строительных смесях / В. И. Корнеев, П. В. Зозуля. – С.-Петербург, 2004. – 165 с.
8. Воробьев В.А. Технология полимеров / В. А. Воробьев, Р. А. Андрианов. – М. : Высшая школа, 1980.- 303 с.
9. Рамачандран В. Наука о бетоне: Физико-химическое бетоноведение / В. Рамачандран, Р. Фельдман, Дж. Бодуэн: Пер с англ. – М. : Стройиздат, 1986. – 278 с.
10. Сойфулин Р. С. Неорганические композиционные материалы / Р. С. Сойфулин. – М. : Химия, 1987. – 152 с.
11. Неразрушающие методы испытания бетона / О. В. Лужин, В. А. Волохов и др. – М. : Стройиздат, 1985. – 234 с.
12. Ахвердов И. Н. Основы физики бетона / И. Н. Ахвердов. – М. : Стройиздат, 1981. – 464 с.

Навчальне видання

Методичні вказівки для виконання практичних занять та самостійної роботи з
дисципліни «**Композиційні будівельні матеріали**»
(для студентів 4 курсу денної форми навчання
напряму підготовки 6.060101 «Будівництво»)

Укладач: **КОНДРАЩЕНКО** Олена Володимирівна

За авторською редакцією
Комп'ютерне верстання *О. В. Кондращенко*

План 2014, поз. 523 М (доп.)

Підп. до друку 17.03.2014
Друк на ризографі.
Зам. №

Формат 60x84 1/16
Ум. друк. арк. 1,1
Тираж 20 пр.

Видавець і виготовлювач:

Харківський національний університет міського господарства
імені О. М. Бекетова,
вул. Революції, 12, Харків, 61002

Електронна адреса: rectorat@kname.edu.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи: ДК № 4705 від 28.03.2014 р.